閉鎖集団における主体の依存関係の均衡(2)　一進化ゲーム理論によるモデル化一

藤山, 英樹

平成・一年七月一日発行（毎月・日・回発行）

經濟論叢

第164巻　第1号

平成11年7月

京都大學經濟學會

経済論叢（京都大学）第164巻第1号，1999年7月

閉鎖集団における主体の依存関係の均衡（2）

——進化ゲーム理論によるモデル化——

藤　山　英　樹

2　依存ゲームにおける ESS 成立のための条件

次に進化的な安定性を見てゆく。ESS であることの必要条件はナッシュ均衡であることなので，ナッシュ均衡がいかなる時に ESS を構成するかを見てゆく[8]。

はじめに，そのときに用いる条件を以下にまとめておく。

（条件1）：ナッシュ均衡を支持しない純粋戦略はナッシュ均衡のとる利得よりも厳密に小さい値をとる。

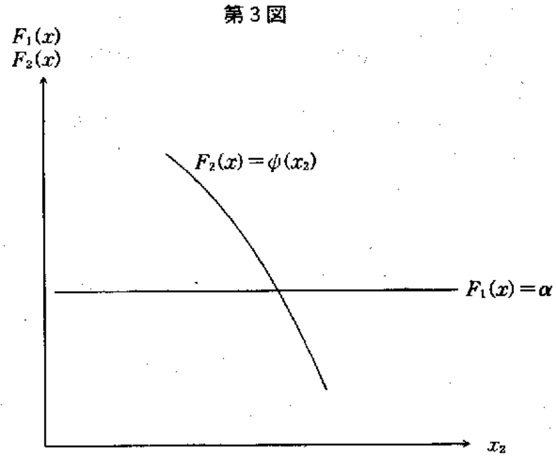
（条件2）：$x\in\mathcal{R}^4$ を $(x_1, x_2, x_3, x_4)=(x_1^*, x_2^*-\eta_2, x_3^*, x_4^*)$ で定義する。ただし x^* はナッシュ均衡点であり，η_2 は実数である。このとき，η_2 が十分 0 に近いとき，$\eta_2(F_2(x)-F_1(x))>0$ もしくは同じことだが，$\eta_2(\psi(x_2^*-\eta_2)-\alpha)>0$ が成り立つ。

（条件1）はナッシュ均衡が strict に成立しているということであり，（条件2）は第3図で示されるように x^* において $F_2(x)$ が $F_1(x)$ に右下がりに交差していることである。

以下の議論では，$x^*\in\Delta$ が ESS であることを示す際に，ESS の Local Superiority を用いている。つまり，ある x^* の近傍 U が存在し，全ての $x\in U$

8）　ナッシュ均衡が ESS であることの必要条件であることは Weibull［1995］等を参照のこと。また，我々は，利得関数 $F(.,.)$ 上で，ESS を考えているから，社会状態を表す $x^*\in\Delta$ が ESS であるとはある ε_0 が存在し，$F(x^*, (1-\varepsilon)x^*+\varepsilon y)>F(y, (1-\varepsilon)x^*+\varepsilon y)$ が $0<\varepsilon<\varepsilon_0$ となる ε および全ての $y\neq x^*$ なる $y\in\Delta$ に対して成り立つことである。

第3図



かつ $x \neq x^*$ に対して $F(x^*, x) > F(x, x)$ となれば，x^* は ESS であることを用いる[9]。

はじめに協力戦略と自立戦略だけが存在する状況つまり線分 $[A, C]$ 上での議論を見てゆく。以下第2図で示された点にしたがって議論する。

定理1.1：$[A, C]$ における ESS の十分条件

(1) （条件1）が成立しているとする。ここで $x=A$ がナッシュ均衡であれば x は ESS である。

(2) （条件1）が成立しているとする。ここで $x=C$ がナッシュ均衡であれば x は ESS である。

(3) （条件1）が成立しているとする。ここで $x \in]A, C[$ がナッシュ均衡であり（条件2）が満たされているならば，x は ESS である。

証明：

いま x^* をナッシュ均衡とする。

我々は x^* の近傍 U において，

9) これも，Weibull [1995] を参照のこと。

全ての $x\in U$ かつ $x\neq x^*$ において　$F(x^*, x)>F(x, x)$

となるものが存在することを示せばよい。いまベクトル x を

$$(x_1, x_2, x_3, x_4)=(x_1^*-\eta_1, x_2^*-\eta_2, x_3^*-\eta_3, x_4^*-\eta_4)$$

によって定義する。ここで η_i は実数であり $\sum_i\eta_i=0$ とする。また，$\varDelta F$ を

$$\varDelta F=F(x^*, x)-F(x, x)$$

で定義する。よって以下 x^* が ESS であることを示すには，x^* に十分近いところではいかなる $\eta=(\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4)$ をとっても $\varDelta F>0$ となることを示せば良い。

(1)：$x^*=A$ においては，$x_1^*=0$, $x_2^*=1$, $x_3^*=0$, $x_4^*=0$ が成立している。このとき

$$\varDelta F=F(x^*, x)-F(x, x)$$

定義より

$$\varDelta F=\sum_i x_i^*F_i-\sum_i(x_i^*-\eta_i)F_i$$

整理すると

$$\varDelta F=\eta_1F_1(x)+\eta_2F_2(x)+\eta_3F_3(x)+\eta_4F_4(x)$$

$\sum_i\eta_i=0$ であるから η_2 を消去して整理すると

$$\varDelta F=\eta_1(F_1(x)-F_2(x))+\eta_3(F_3(x)-F_2(x))+\eta_4(F_4(x)-F_2(x))$$

ここで，$x\in\varDelta$ という制約により，かならず，η_1, η_3, η_4, は全て負または0（しかし全てが0になることはない）となる。また，（条件1）より $F_2(x^*)>F_i(x^*)$ ここで $i=1, 3, 4$ であるから，$F_i(x)$ ただし $_i\in\{1, 2, 3, 4\}$ の連続性により，x^* に十分近い近傍では，$F_i(x)-F_2(x)<0$ ここで $i=1, 3, 4$ である。

したがって x^* に十分近い近傍では $\varDelta F>0$ が成立する。

(2)：これも(1)と同様に示すことができるので証明は省略する。

(3)：$x^*=]A, C[$ においては，$x_1^*>0$, $x_2^*>0$, $x_3^*=x_4^*=0$ が成立している。このとき

$$\varDelta F=\eta_2(F_2(x)-F_1(x))+\eta_3(F_3(x)-F_1(x))+\eta_4(F_4(x)-F_1(x))$$

ここで，$x \in \Delta$ という制約により，かならず，η_3 は負，η_4 は負となる。(条件1) と F_i ただし $i \in \{1, 3, 4\}$ の連続性により，x^* に十分近い近傍では，$(F_3(x)-F_1(x))<0$，$(F_4(x)-F_1(x))<0$ が成立する。よって x^* に十分近い近傍では，右辺第2項，第3項は共に正もしくは0である。右辺第1項は $\eta_2(\psi(x_2^*-\eta_2)-\alpha)$ であるから，(条件2) が成立しておれば，x^* に十分近い近傍では $\Delta F>0$ が成立する。

(証明終)

次に協力戦略と相互依存戦略(1)および(2)が存在する状況を中心に，つまり線分 $]AB, B]$ 上の議論を見てゆく。

定理1.2：$]AB, B]$ における ESS の十分条件

(1) (条件1) が成立しているとする。$x=B$ がナッシュ均衡であれば x は ESS である。

(2) $x \in]AB, B[$ 上ならば，x は ESS ではない。

証明：

(1)：$x^*=B$ においては，$x_1^*=0$, $x_2^*=0$, $x_3^*>0$, $x_4^*>0$ が成立している。このとき

$$\Delta F=\eta_1(F_1(x)-F_4(x))+\eta_2(F_2(x)-F_4(x))+\eta_3(F_3(x)-F_4(x))$$

ここで，x^* からの制約により，かならず η_1 は負，η_2 は負となる。(条件1) と F_i ただし $i \in \{1, 2, 4\}$ の連続性により，x^* に十分近い近傍では $(F_1(x)-F_4(x))<0$，$(F_2(x)-F_4(x))<0$ となる。よって右辺第1項と第2項は x^* に十分近い近傍ではともに正となる。

次に第3項を見てゆこう。仮定より，

$$\eta_3(F_3(x)-F_4(x))=\eta_3(x_3\psi_{33}+\eta_4\psi_{34}-(x_3\psi_{43}+x_4\psi_{44}))$$

x_i を x_i^* と η_i で表すと，

$$\eta_3(F_3(x)-F_4(x))=\eta_3(x_3^*\psi_{33}+x_4^*\psi_{34}-\eta_3\psi_{33}-\eta_4\psi_{34})$$

$$-(x_3^*\phi_{43}+x_4^*\phi_{44}-\eta_3\phi_{43}-\eta_4\phi_{44}))$$

いま x^* はナッシュ均衡であることに注意すると，$F_3(x^*)=F_4(x^*)$ であること，つまり $x_3^*\phi_{33}+x_4^*\phi_{34}=x_3^*\phi_{43}+x_4^*\phi_{44}$ であることがわかる。これより，

$$\eta_3(F_3(x)-F_4(x))=\eta_3(-\eta_3\phi_{33}-\eta_4\phi_{34}-(-\eta_3\phi_{43}-\eta_4\phi_{44}))$$

整理すると，

$$\eta_3(F_3(x)-F_4(x))=-\eta_3(\eta_3(\phi_{33}-\phi_{43})+\eta_4(\phi_{34}-\phi_{44}))$$

さらに $\eta_4=-\eta_1-\eta_2-\eta_3$ であったから，これを代入して整理すると

$$\eta_3(F_3(x)-F_4(x))=-\eta_3^2(\phi_{34}-\phi_{43})+\eta_3^2(\phi_{34}-\phi_{44})$$
$$+\eta_3(\eta_1+\eta_2)(\phi_{34}-\phi_{44})$$

仮定より $(\phi_{33}-\phi_{43})<0$ かつ $(\phi_{34}-\phi_{44})>0$ となるから，右辺第１項および第２項は０または正である。以下場合分けをして議論してゆく。

場合１：$\eta_1=\eta_2=0$ であるとする。

$$\Delta F=-\eta_3^2(\phi_{33}-\phi_{43})+\eta_3^2(\phi_{34}-\phi_{44})$$

となる。仮定より $(\phi_{33}-\phi_{43})<0$ かつ $(\phi_{34}-\phi_{44})>0$ となるから，$\Delta F(x)>0$ となる。

場合２：η_1 と η_2 の少なくとも一方が０でない。

このとき，x^* に十分近い近傍では，$\eta_3(\eta_1+\eta_2)(\phi_{34}-\phi_{44})$ は右辺第１項および第２項である $\eta_1(F_1(x)-F_4(x))+\eta_2(F_2(x)-F_4(x))$ に支配される。

以上いずれの場合も x^* に十分近い近傍では $\Delta F>0$ が成立する。

(2)：$x^*\in]AB, B[$ においては，$x_1^*=0$, $x_2^*>0$, $x_3^*>0$, $x_4^*>0$ が成立している。このとき

$$\Delta F=\eta_2(F_2(x)-F_1(x))+\eta_3(F_3(x)-F_1(x))+\eta_4(F_4(x)-F_1(x))$$

となる。

η_2, η_3, η_4, の符号は自由にとれるから，全ての項を負であるように取ることができる。このとき $\Delta F<0$ となる。

（証明終）

次に全ての戦略が存在する状況を中心に，つまり線分 $[AB, B]$.上の議論を見てゆく。

定理 1.3：$[AB,BC]$ における ESS 存在不可能性

$x \in [AB, BC]$ ならば x は ESS ではない。

証明：[10)]

$x^* \in [AB, BC]$ においては，$x_1^* \geq 0$, $x_2^* \geq 0$, $x_3^* > 0$, $x_4^* > 0$ が成立している。x^* のいかなる近傍でも線分 $[AB, BC]$ 上にある点 $x(\neq x^*)$ をとることができる。

はじめに x_2^* が 0 でない場合を考える。このときには $\eta_3 > 0$ かつ $\eta_4 > 0$ かつ $\eta_1 = -\eta_3 - \eta_4$ かつ $\eta_2 = 0$ で線分 $[AB, BC]$ 上にある点 x をひとつとる。

ここにおいて

$$\Delta F(x) = \eta_1 F_1(x) + \eta_3 F_3(x) + \eta_4 F_1(x)$$

η_1 を消去すると，

$$\Delta F(x) = \eta_3(F_3(x) - F_1(x)) + \eta_4(F_4(x) - F_1(x))$$

となる。

線分 $[AB, BC]$ 上の点 x は常に $F_3(x) = F_4(x) = F_1(x)$ でありかつ $F_1(x) = \alpha$ であるから $F_1(x) = \alpha = F_1(x^*) = F_3(x^*) = F_4(x^*)$ となる。一方作り方より，$x_3 < x_3^*$ かつ $x_4 > x_4^*$，補題 1 の(2)(3)から $F_3(x) < F_3(x^*)$ かつ $F_4(x^*)$ がいえる。これより $F_3(x) - F_1(x)$ かつ $F_4(x) - F_1(x) < 0$ となり，$\Delta F(x) < 0$ となる。

x_2^* が 0 の場合は $\eta_3 > 0$ かつ $\eta_4 > 0$ かつ $\eta_1 = 0$ かつ $\eta_2 = -\eta_3 - \eta_4$ として，同様の議論をおこなう。

(証明終)

10) 定理 1.3 は x がナッシュ均衡であり（条件 1）が満たされていても成立することに注意する。

IV　依存ゲームの動的分析

この節では依存ゲームに Replicator Dynamics を導入し，ESS より弱い概念である漸近的安定性を依存ゲームにおいて見てゆく。単体 Δ 全体における戦略としての行動様式の変化の特徴もここでは明らかとなる。

ダイナミクスとしては Replicator Dynamics を用いる理由は多くのダイナミクスが Replicator Dynamics 上の議論に置き換えることができるからである。例えば各主体がより高い利得を得ている主体の戦略をより高い確率で模倣するという模倣戦略も Replicator Dynamics 上の議論で置き換えることができる[11]。Replicator Dynamics とは以下の式で表現される。

$$\dot{x}_i=(F_i(x)-F(x,\ x))x_i$$

はじめに以下の議論で用いる Replicator Dynamics の性質を補題の形で示しておこう。この補題はよく知られたもので直接導くことが出来るので証明は省略する。

補題2：戦略の比のダイナミクス

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{x_i}{x_j}\right)=\frac{x_i}{x_j}(F_i(x)-F_j(x))$$

次に単体 Δ 内のすべての点は全て Δ_{coss} に単調に収束していくことを示す。

命題3：単体 Δ_{coss} への単調収束性

依存ゲームにおいて単体 Δ 内のすべての点は単体 Δ_{coss} へ単調に収束する。

証明：

補題2より，

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{x_3}{x_4}\right)=\frac{x_3}{x_4}(F_3(x)-F_4(x))$$

仮定より，

11）これらの議論は Weibull［1995］を参照のこと。

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{x_3}{x_4}\right)=\frac{x_3}{x_4}(x_3\phi_{33}+x_4\phi_{34}-(x_3\phi_{43}+x_4\phi_{44}))$$

整理すると,

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{x_3}{x_4}\right)=x_3[(\phi_{34}-\phi_{44})-\frac{x_3}{x_4}(\phi_{43}-\phi_{33})]$$

ここで x_3 の符号は変わらないので $[(\phi_{34}-\phi_{44})-\frac{x_3}{x_4}(\phi_{43}-\phi_{33})]$ に注目してゆく。

$[(\phi_{34}-\phi_{44})-\frac{x_3}{x_4}(\phi_{43}-\phi_{33})]$ が正であるとする。このとき $\frac{x_3}{x_4}$ は単調に増加してゆく。したがって $[(\phi_{34}-\phi_{44})-\frac{x_3}{x_4}(\phi_{43}-\phi_{33})]$ は単調に減少してゆく(仮定より $\phi_{34}-\phi_{44}>0$ および $\phi_{43}-\phi_{33}>0$ であることに注意する。)。しかしこの変化は $x_4(\phi_{34}-\phi_{44})=x_3(\phi_{43}-\phi_{33})$ になるところで押さえられている。

$[(\phi_{34}-\phi_{44})-\frac{x_3}{x_4}(\phi_{43}-\phi_{33})]$ が負であるときも同様の議論が可能である。

(証明終)

さらに線分 $[A, C]$ もしくは $]AB, B]$ に収束してゆくことをみてゆく。以下の議論においては,前節と同様 Min $\{F_3=F_4\}<F_1<$ Max $\{F_3=F_4\}$ が成立していると仮定して,第2図を用いて議論をする。証明は命題3とほぼ同様に出来るのでここでは省略する。

命題4:線分 $[A, C]$ もしくは線分 $]AB, B]$ への単調収束性

依存ゲームにおいて単体 $\Delta_{\cos s}$ 内のすべての点は線分 $[A, C]$ もしくは線分 $]AB, B]$ へ単調に収束する。第2図で考えると四辺形 $A-AB-BC-C$ の内点は線分 $[A, C]$ に収束してゆき,三角形 $AB-B-BC$ の内点は線分 $]AB,B]$ に収束してゆく。

以上の命題3および命題4から次の命題が直接いえる。

命題5:依存ゲームの漸近安定点の存在領域

依存ゲームにおいて全ての漸近安定な点は線分 $[A, C]$ もしくは線分

]AB, B] にある。

この命題によって我々は単体 Δ 内の漸近安定な点を探すにあたって線分 [A, C] もしくは線分]AB, B] の漸近安定性を調べるだけで良いことがわかる。従って次のことがいえる。

定理2：依存ゲームの漸近安定点

依存ゲームにおいて線分 [A, C] もしくは線分]AB, B] において漸近安定な点であればそれは依存ゲーム全体における漸近安定な点である。

最後に ESS と Replicator Dynamics の漸近安定点の関係について簡単に述べておく。

Hofbauer et al. [1979] によって全ての ESS が Replicator Dynamics における漸近的安定点であることが示されているので，ここでは逆の関係に注目していく。Bomze [1986] によって全ての Replicator Dynamics における漸近安定な点はナッシュ均衡であることが示されている。また，この依存ゲームにおいて，Replicator Dynamics における漸近的安定点では，（条件1）は満たされているので以下のことがいえる。

系

(1)：単体 Δ_{cnss} 上の頂点については，Replicator Dynamics における漸近的安定点であれば，その点は ESS であるといえる。

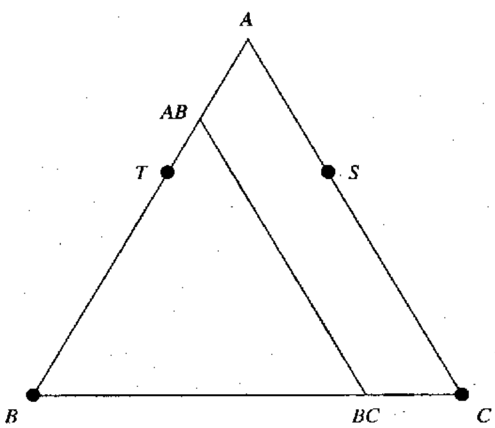
(2)：線分]A, C[上では，Replicator Dynamics における漸近的安定点では（条件2）が満たされているので，その点は ESS であるといえる。

(3)：線分]AB, B[上では，Replicator Dynamics における漸近的安定点しか存在し得ない。

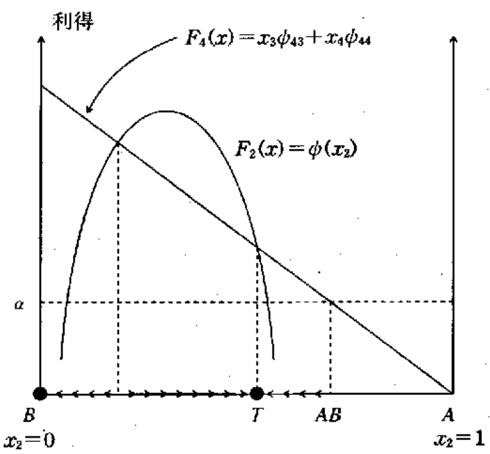
V　均衡の安定性と非連続的な変化：例を通して

この節では第Ⅳ節で考察した Replicator Dynamics における漸近的安定点の

第4-1図



第4-2図

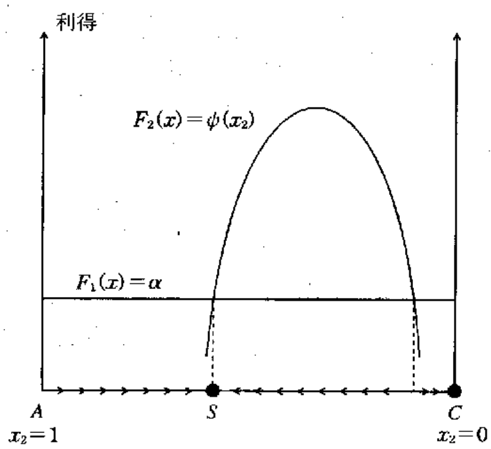


横軸は線分 $[A, B]$ 上の x_2 の値を表す。

$F_4(x)$ の傾きが右下がりとなっているのは線分 $[A,B]$ 上では常に $x_1=0$ かつ x_3 と x_4 の比は一定だから x_2 が増加すると，その分だけ x_3 および x_4 が減少するからである。

線分 $[A, B]$ 上では $F_3=F_4$ なのでここでは F_4 で議論している。

第4－3図



横軸は線分 [A, C] 上の x_2 の値を表す。

議論によって，社会状態の安定性および社会状態の急激な変化が表現できることを示す[12]。

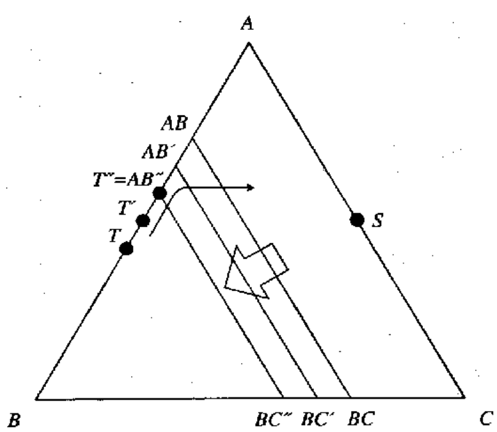
はじめに社会状態の均衡の例を第4－1図で示す。第4－2図，第4－3図はそれぞれの線分上における利得関数の関係を示している。第4－1図では点S，点T，点Bおよび点Cとが漸近的安定点である。よって，Replicator Dynamics（より具体的には各主体が他の主体の戦略を模倣をするような状況）においては，それぞれの均衡点から主体が何らかのショックにおいて戦略を変化させても結局は元の戦略に戻らざるを得ないという意味で社会状態は安定である。

また，今社会状態が第5－1図の点Sにあるとする。このとき，相互依存戦略(1)および(2)の利得関数が変化し（つまり，ϕ_{ij} $i, j=3, 4$ が変化し），線分 [AB, BC] から線分 [AB', BC'] へ変化したとしても点Sが漸近的安定である状況はなんら変化しないと言う意味でも点Sは安定的な社会状態といえる。

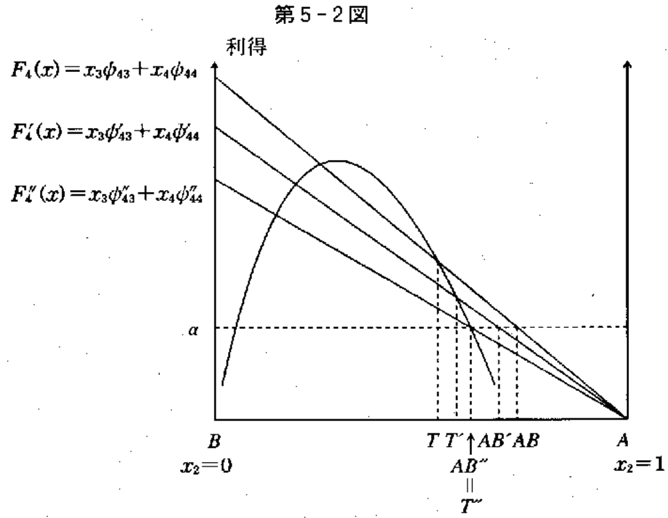
第5－2図は線分 [A, B] 上の利得関数の変化を示している。

12）ここで Replicator Dynamics において議論を進めるのは，前節の議論から「依存ゲーム」において ESS の条件はかなり厳しい条件と思われるからである。

第5－1図



第5－2図



横軸は線分 [A, B] 上の値を表す。

一方，第5-1図の点 T に関して線分 $[AB, BC]$ から $[AB', BC']$ への変化（第5-2図では F_4 から F_4' への変化）が連続的な均衡の変化（T から T' へ）をもたらし，さらに，線分 $[AB, BC]$ が点 T と重なるほど変化（第5-2図では F_4 から F_4'' への変化）すれば，つまり，$T''=AB''$ となるまで変化すれば，線分 $[AB'', BC'']$ 上では漸近的安定点は存在しないので，点 T'' はもはや漸近的安定点ではなくなり線分 $[A, C]$ 上のいずれかの漸近的安定点へと，均衡の連続的な変化ではないという意味で非連続的に，社会状態が変化する。

VI　結論とこれからの課題

以上の分析で少なくとも次のことがいえる。

(1)：閉鎖的な社会集団での主体の相互依存関係の連鎖が進化ゲーム理論の枠組みでモデル化可能である。

(2)：我々のモデルによって社会現象の分析で重要となる社会の安定性とその急激な変化を統一的に記述される。

これらの社会の安定性と急激な変化の依存モデルによる記述は，安定的な構造としてのいじめ，集団内での絶対的なリーダーの存在の安定性，および，そうした状況への急激な変化，といった社会現象の分析に対する新たな可能性をもたらす。

例えば，正高［1998］では，いじめにおいて，その当事者以外に傍観者の存在の役割を重視している。我々のモデルにおいても，相互依存戦略(1)および(2)をいじめる・いじめられるの関係に置き換えると，均衡において他の戦略も同時に存在する状況では，他の戦略が存在すること自体が均衡をならしめているという意味で当事者以外の主体の役割が重要となる。また，我々のモデルでは，どのような均衡がもたらされるかはそれぞれの戦略の利得関数によって決まるが，これを個々の主体が均一化され，かつ戦略の利得関数がもっぱら社会的な環境によって決まる状況として考えるならば，いじめ問題も，生徒の均一化と社会環境によって生じている可能性が指摘されよう。

しかしながら，モデルはあまりに単純であり，個々の事例を分析するためには，利得関数の特徴づけ，マッチングの仕方およびダイナミクスの特徴づけなどに対してより詳細な定式化が必要であることは言うまでもない。また，以上は社会学的な人間関係を中心とした解釈を行ってきたが，相互依存関係を分業的な関係とよみかえてゆくことによって経済現象の分析も可能であると考えられる。これらの点は今後の課題とする。

参考文献

Blau, P. M. [1964] *Exchange and Power in Social Life*, NewYork, John Wiley & Sons.（間場寿一ほか訳『交換と権力——社会仮定の弁証法社会学——』新曜社，1974年）。

Bomze, I. [1986] "Non-cooperative Two-person Games in Biology: A Classification," *International Journal of Game Theory*, 15, pp. 31-57.

Fromm, E. [1941] *Escape from Freedom*, New York, Henry Holt and Company.（日高六郎訳『自由からの逃走』東京創元社，1951年）。

Harsanyi, J. C. and R. Selten [1988] *A General Theory of Equilibrium Selection in Games*, Cambrige, MA, The MIT Press.

Hirschman, A. O. [1970] *Exit, Voice, and Loyalty: Responses to Decline in Firms, Organizations, and States*, Cambrige, Harvard University Press.（三浦隆之訳『組織社会の論理構造—告発・退出・ロイヤリティー』ミネルヴァ書房，1975年）。

Hoekstra, R. F., Y. Iwasa, and F. J. Weissing [1991] "The Origin of Isogamous Sexual Differentiation," in *Game Equilibrium Models I*, ed. by Selten, R., Berlin, Springer Verlag.

Hofbauer, J., P. Schuster, and K. Sigmund [1979] "A Note on Evolutionary Stable Strategies and Game Dynamics," *Journal of Theoretical Biology*, 81, pp. 609-612.

正高信男 [1998] 『いじめを許す心理』岩波書店。

Mas-Colell, A., M. D. Whinston, and J. R. Green [1995] *Microeconomic Theory*, New York, Oxford University Press.

Moscovici, S. [1981] *L'Âge des Foules,: Un Traité Historique de Psychologie des Masses*, Paris, Librairie Arthème Fayard.（古田幸男訳『群衆の時代』法政大学

出版局，1984年）。
大西広［1989］『「政策科学」と統計的認識論』昭和堂。
奥野（藤原）正寛・松井彰彦［1995］「文化の接触と進化」『経済研究』第46巻第2号，岩波書店，97-114ページ。
Riesman, D. [1960] *The Lonely Crowd: A Study of the Changing American Character*, New Haven, Yale University Press.（加藤秀俊訳『孤独な群衆』みすず書房，1964年）。
Sethi, R. [1996] "Evolutionary Stability and Social Norms," *Journal of Economic Behavior and Organization*, 29, pp. 113-140.
Weibull, J. W. [1995] *Evolutionary Game Theory*, Cambrige, MA, MIT Press.
八木紀一郎［1998］「進化的政治経済学と市民社会論」『経済セミナー』2月号。
Young, P. [1993] "The Evolution of Conventions," *Econometrica*, 61, pp. 57-84.